AUS DEM PHYSIOLOGISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT
TÜBINGEN, VORSTAND: PROF. DR. A. KOHLRAUSCH
UND AUS DER HAUTKLINIK DER UNIVERSITÄT TÜBINGEN
VORSTAND: PROF. DR. P. LINSER

DIE METHODISCHEN GRUNDLAGEN ZUR BESTIMMUNG VON HAUTFARBEN UND VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN MIT EINEM NEUEN VERFAHREN ÜBER DIE NORMALE FARBE DER HAUT

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

MEDIZIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHILFE

EINER

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER

EBERHARD-KARLS-UNIVERSITÄT ZU TÜBINGEN

VORGELEGT VON

HEDWIG KLINK, VEREHELICHTE KRAUSE
AUS HORB AM NECKAR

VERLAGSBUCHHANDLUNG JULIUS SPRINGER IN BERLIN. 1931.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Dekan: Prof. Dr. *Haffner*

Referenten: Prof. Dr. *Memmesheimer*, Prof. Dr. *Matthaei*

Zum Druck genehmigt von der
Medizinischen Fakultät der Universität Tübingen

Sonderdruck aus „Zeitschrift für die gesamte experimentelle Medizin"
Bd. 79, Heft 5/6.

Schon längst bestand in der Medizin und vor allem in der Dermatologie das Bedürfnis nach einem Meßverfahren zur Registrierung von Hautfarben, das die Genauigkeit anderer klinischer Methoden erreicht. Die große Unsicherheit in der Bestimmung von Hautfarben rührt hauptsächlich daher, daß bis vor kurzem ein wissenschaftlich geordnetes Farbsystem und vor allem ein eindeutiges Farbmeßverfahren fehlte. Zur Charakterisierung der mannigfaltigen, am Menschen zu beobachtenden Farben mußten deshalb Vergleiche aus dem Reich der Natur herangezogen werden, wobei die Vergleichsobjekte oft weder allgemein bekannt, noch selbst einigermaßen konstant in dem Farbton waren. Die großen individuellen Schwankungen bei der Farbbeurteilung nach Erinnerungsbildern und der Wechsel des Farbeindruckes bei verschiedener Belichtung machten es vollends nahezu unmöglich, beispielsweise den Ablauf eines Erythems oder eines Ikterus, an einem bestimmten Patienten objektiv, anschaulich und zahlenmäßig wiederzugeben. Es wurden die verschiedensten Versuche gemacht, um diesem Übelstand abzuhelfen. Die wichtigsten Versuche, die Schwierigkeiten zu lösen, seien kurz geschildert.

I. Frühere Methoden.

Die bisherigen Methoden der Hautfarbenbestimmung lassen sich in 3 Gruppen zusammenfassen: 1. die Hautfarbe wird spektrophotometrisch gemessen; 2. Farbunterschiede zweier zu vergleichender Hautstellen

werden durch Vorschalten von Filtern ausgeglichen; 3. die Hautfarbe wird mit Standardfarben verglichen *.

1. Spektrophotometrische Methoden.

a) Analysierung der von der Haut reflektierten Strahlen nach Spektrallinien.

Diese Methode wurde von *W. Kartschagin* [16] angewandt zu Untersuchungen über den Einfluß des Pigments auf die optischen Eigenschaften der Haut. Er bestimmte mittels eines selbstkonstruierten, mit dem Spektrophotometer von *König* und *Martens* verbundenen Apparates die Prozente der Strahlenenergie verschiedener Wellenlänge, welche durch die Haut zerstreut wurden. Ähnliche Untersuchungen machte mit anderer Versuchsanordnung *W. Schultze* [35]. Auch *C. Dorno* [7] hat die Hautfarben im spektral zerlegten Licht verschiedener Wellenlängen gemessen und in Bruchteilen der reflektierten Intensitäten (Albedowerten) ausgedrückt.

b) Untersuchung der zu messenden Farben in Spektralbereichen.

Dem von *Pulfrich* konstruierten Stufenphotometer (Stupho-Zeiß) liegt das *Ostwald*sche Prinzip der Farbanalyse mit Filtern zugrunde. Die Farbe wird zunächst in einem gleichfarbigen Filter (Paßfilter) mit Normalweiß verglichen, dabei erhält man den Schwarzgehalt der Farbe. Der Weißgehalt wird sodann durch Photometrieren im gegenfarbigen Filter (Sperrfilter) ermittelt. Endlich wird der Farbton in einer 3. Messung durch Vergleich mit einer Reihe genormter Farben, die Prof. *Krüger* im Anschluß an *Ostwald* hergestellt hat, bestimmt.

Zur Kritik des Meßverfahrens mittels Farbfiltern verweisen wir auf *Pulfrich* [26] und *Bohnenberger* [2]. Der wesentliche Angriffspunkt liegt darin, daß die 7 Filter des Stupho keine einfachen Schluckzüge besitzen und insgesamt nicht das vollständige Spektrum ergeben. Ihre Bereiche überdecken einander zum Teil, und namentlich die blauen Filter lassen außer dem kurzwelligen auch langwelliges Licht hindurch.

Mit Ausnahme der Farbtonbestimmung bei *Pulfrich* sind die beschriebenen spektrophotometrischen Methoden analytischer Art. Es ist aber namentlich aus Gründen der Anschaulichkeit vorzuziehen, eine zu untersuchende Farbe aus bekannten, eindeutig definierten Komponenten herzustellen, d. h. synthetisch zu verfahren. Ein anderes Bedenken richtet sich gegen die Messung im absolut dunklen Umfeld. Wir kommen bei Besprechung der Methode darauf zurück.

2. Verwendung von Ausgleichfiltern.

Hausser und *Vahle* [12] benützen diese Methode bei ihren wichtigen Untersuchungen über die Abhängigkeit des Lichterythems von der Wellenlänge der anregenden Strahlung.

* Ich möchte ausdrücklich bemerken, daß ich hier nur über Farbmeßmethoden berichte, die schon zur Bestimmung von Hautfarben angewandt wurden. Rein wissenschaftlich oder rein industriell verwendete Methoden zu schildern, liegt nicht im Rahmen der Arbeit. Eine Zusammenstellung verschiedener für die Industrie in Frage kommender Farbmeßmethoden finden sich in den Abhandlungen von *Krais* [17] und *Rösch* [31].

Sie maßen die Stärke des durch Ultraviolettlicht erzeugten Erythems an der Anzahl der rotgefärbten Gelatinefolien, die man vor die normale Haut halten mußte, um den Unterschied zwischen bestrahlter und unbestrahlter Haut nicht mehr zu erkennen.

Auf demselben Prinzip beruht der Rötungsmesser von *Finkenrath*[8]. Hier ist eine Reihe verschieden starker Filter in einem lichtdicht abgeschlossenen Kasten mit Beleuchtungseinrichtung im Innern auf einer Drehscheibe angebracht. Die Haut wird durch einen Tubus betrachtet, die Filter zwischen Tubus und Haut vorbeigedreht und die Filternummer abgelesen, bei der erythematöse und normale Haut gleich aussehen.

Diese beiden Methoden haben große Nachteile. Die Methode von *Hausser* und *Vahle* ergibt je nach Beleuchtung verschiedene Resultate. In dem Rötungsmesser von *Finkenrath* fehlen die niedrigen Erythemwerte ganz, und die einzelnen Stufen sind für die genauen Messungen viel zu grob. Bei allen Methoden, die sich nur mit der Messung einer (durch Bestrahlung erzeugten) Hautrötung befassen, erweist es sich außerdem als sehr störend, daß sich früher oder später neben der Rötung meist noch eine Pigmentierung einstellt, die die Erythemwerte beeinträchtigt.

Aus diesen Gründen wurden die angeführten Methoden von *Schall* und *Alius*[34] bei Arbeiten über die Biologie des Ultraviolettlichtes verworfen. Diese beiden Autoren versuchten unter Beibehaltung der Filtermethode eine Kombination von Erythem- und Pigmentmessung zu schaffen.

Sie verwenden zur Bedeckung der normalen Haut mit Ätherkollodium überzogene Deckgläschen, dem zur Erythemmessung in steigendem Maße ein Eosin-Sepia-Farbgemisch, zur Pigmentmessung ein Sepia-Blauschwarzgemisch hinzugesetzt wurde. Ein mit ungefärbtem Kollodium überzogenes Deckgläschen bedeckt das Erythem. Die gefärbten Gläschen sind der Reihe nach in einen Schieber gefaßt und werden in einem eigens dazu konstruierten Apparat fugenlos an das Vergleichsgläschen herangebracht bis normale Haut und Erythem gleich erscheinen. Auf dieselbe Weise wird nach Anämisierung der Hautstelle auch der Pigmentierungsgrad gemessen. Da zu dieser Methode eine mindestens 2 cm lange scharfe geradlinige Grenze des Erythems gegen die normale Haut erforderlich ist, beschränkt sie sich von vornherein nur auf experimentell erzeugte Erytheme und Pigmente. Eine weitere Schwierigkeit ihrer Anwendung liegt in der Färbung der Gläschen, die sehr zeitraubend ist und leicht ungleichmäßig wird.

Die technischen Schwierigkeiten der Methode mit Ausgleichfiltern bestehen vor allem in der Unsicherheit einer exakten Herstellung der Filter. Die Beobachtung bei künstlichem Licht, wie es *Finkenrath* und *Schall* und *Alius* taten, setzt eine Kontrolle der Konstanz der Lichtquelle voraus. Sie ist aber überdies mißlich, da kein Vergleich mit dem natürlichen Tageslicht ausgeführt wurde.

Prinzipiell möchten wir gegen die genannten Verfahren einwenden, daß wohl nur selten absolute Gleichheit der verglichenen Farbfelder erzielt werden kann. Das liegt zum Teil an der Verwendung von abgestuften Filtern, die keine Einschaltung von Zwischentönungen ermöglicht, zum Teil an der Starrheit in der Tönung der verwendeten Farbstoffe.

3. Vergleiche mit Standardfarben.

Mannigfaltig sind die Bestrebungen, eine Einigung auf bestimmte Farbenskalen zu erzielen, mit denen man die Hautfarben vergleicht. Ähnlich wie man übereingekommen ist, alle Strecken nach dem Urmeter in Paris zu messen, versuchte man eine internationale Farbenskala festzulegen. Ausgehend für die hier behandelten Zwecke des Dermatologen kann man auf dreierlei Wegen Standardfarben erhalten. 1. Man kann möglichst viele beobachtete Hautfärbungen reproduzieren, wie dies z. B. auch *Hintze* ursprünglich getan hat. 2. Von der Technik der Reproduktion ausgehend kann man planmäßig abgestufte Farbenskalen auf Grund irgendeines technischen Prinzips erzielen. Auf diese Art sind ja auch die Filterreihen, z. B. von *Schall* und *Alius*, entstanden. Dieses Verfahren einer willkürlichen Setzung von Farbskalen lenkt von den spezifisch dermatologischen Methoden ab zu einer grundsätzlichen Ordnung der Farbe selbst. Insofern sehen wir in diesen Versuchen schon Ansätze zu einer rein farbwissenschaftlichen Systematisierung. 3. Solche farbwissenschaftlich definierten Standardfarben, die nach Art von Musterkarten geordnet wurden, sind von verschiedenen Dermatologen benützt worden.

Meist handelt es sich bei den empirisch bestimmten Standardfarben um das Aufmalen von Farben bestimmter ausgewählter Hautbezirke durch einen Künstler und um die Ordnung dieser Farbproben in einer Mustertafel, die reproduziert wird.

Der älteste Versuch dieser Art stammt von *Broca* [3]. Seine Tafel enthält 34 verschiedene Farbenfelder vom dunkelsten Schwarz bis zu dem lichten rosafarbenen Ton der Nordeuropäer. Gelb und Rot sind in wechselnder Menge beigemischt.

Es ist klar, daß eine so kleine Auswahl auf der großen Zahl rassenmäßig und individuell verschiedener Hautfarben für genauere Bestimmungen unzureichend war, auch konnte man aus den *Broca*schen Farbnummern keine Schlüsse auf den Pigmentgehalt der betreffenden Farbe machen. Daher wurde *Raddes* internationale Farbenskala [27], die eigentlich für technische Zwecke geschaffen war und 42 verschiedene Farben in je 21 Helligkeitsstufen (a—v) enthielt, öfters auch zu Hautfarbenbestimmungen benützt. Diese Skala enthielt jedoch, da sie ja nicht zur Hautfarbenmessung bestimmt war, viele unbrauchbare Töne, während sie in den für die Hautfarben in Frage kommenden Gebieten zu wenig Abstufungen hatte.

Daher haben verschiedene Forscher, die Hautfarbenmessungen an exotischen Rassen machten, sich jeweils für die von ihnen untersuchten Rassen eigene Farbenskalen geschaffen. So stellte *Ranke* [28] zu Messungen an südamerikanischen Indianern eine Farbtafel her, die 11 Abstufungen von dunkelbraun über hellbraun, ocker, „hautfarben" zu hellgelb enthält. *Hagen* [11] schuf Standardfarben für Messungen in Insulinde, *P.* und *Fr. Sarasin* [33] für Messungen auf Ceylon.

G. Fritsch [10] will in seiner Hautfarbentafel die Farben sämtlicher Rassen nach ethnographischen Gesichtspunkten geordnet wiedergeben. Die *Fritsch*sche Tafel besteht aus 6 Kartonstreifen zu je 7 Feldern. Streifen I soll etwa die bei Nordländern vorkommenden Abstufungen enthalten, II ist für Südländer gedacht, III für Asiaten, IV für Hottentotten, V für Nigritier, VI für Esquimaux und Hyperboräer, VII für Amerikaner und Malaien. Es sind Ölfarbenaufstriche auf

einem Papier mit eigentümlichem Korn, das die Hautstruktur annähernd vortäuschen soll.

Natürlich ist auch diese Tafel, so brauchbar sie als Überblick sein mag, zu feineren Untersuchungen unzureichend. Dasselbe gilt für die *Luschan*schen Farbentafeln *.

v. Luschan will die Durchsichtigkeit der Haut, die den Vergleich mit gefärbtem Papier so sehr erschwert, durch farbige Glasflüsse (Mosaiksteinchen) wiedergeben. In seiner Skala sind jedoch gerade die Europäerfarben sehr wenig berücksichtigt, auch erhält man verschiedene Resultate je nach Beleuchtung.

Basler [1] schaltet die Fehlerquelle der verschiedenen Beleuchtung dadurch aus, daß er Haut- und Vergleichsfarbe bei künstlicher Beleuchtung durch ein Rohr betrachtet und mit Hilfe eines *Albrecht*schen Körpers unmittelbar nebeneinander bringt. Er hat für anthropologische Zwecke 50 Hautfarbentöne (Aquarell) zu einer Mustertafel zusammengestellt. Außerdem versucht er System in die Messung seiner Hautfarben zu bringen, indem er alle (normalen) Hautfarben durch subtraktive Mischung von 3 Lösungen von Safranin, Bismarckbraun und Indigo in verschiedenen Verdünnungsverhältnissen darzustellen versucht.

Außer den bisher erwähnten Standardfarben, die zu Messungen der gesamten Hautfarbe dienen sollten, sind für Spezialzwecke Skalen für besondere Komponenten der Hautfarbe geschaffen worden, nämlich für ihren Rot- bzw. Pigmentgehalt. Die Einführung der Erythemdosis in die Röntgentherapie machte es ja wünschenswert, den Begriff des Erythems möglichst genau festzulegen.

Zu diesem Zweck stellte *Miescher* [24] aus einer großen Anzahl nach der Natur in Wachs modellierter und gemalter Reaktionsbilder auf Röntgenbestrahlung eine 7stufige Rötungs- und eine 4stufige Pigmentierungsskala zusammen. Er gibt aber selbst zu, daß diese Skalen nicht in allen Fällen verbindlich seien und eine subjektive Beurteilung der Reaktionsstärke durch den Beobachter nicht ausschlössen.

Nur der Messung von Erythemen dient die Rötungsskala von *Freund* und *Valenta* [9]. Diese Autoren fertigten durch Mischung von Ruß mit Zinkweiß in verschiedenem Verhältnis zuerst eine Grauskala. Diese Grauskala wurde photographiert, die nach dem Negativ hergestellte Druckplatte mit Carminrot eingewalzt und auf hautfarbenes Papier gedruckt. Die einzelnen Felder der Skala wurden colorimetrisch geeicht. Es handelt sich also hier um eine nach technischen Prinzipien willkürlich hergestellte Skala.

Das individuell so außerordentlich wechselnde Kolorit der normalen Haut ist in dieser Skala gar nicht berücksichtigt, ebensowenig wie in den Pigmentmeßskalen von *Schwalbe*, *Solger* und *Messerli*.

Schwalbe [36] benützt zur Bestimmung des Pigmentierungsgrades ein keilförmig geschliffenes, in 100 Teile eingeteiltes Glas, das in seiner dünnen Schicht das hellste Blond enthalten soll, während es in dicker Schicht schwarz erscheint. Es ist natürlich sehr schwierig, ein entsprechend gefärbtes Glas zu bekommen.

Die *Solger*sche Pigmentskala [38] enthält als Grundfarbe Sepia, das Melanin des Tintenfisches. Diese Grundfarbe ist nach oben und unten bis zur Schwarz- und Weißgrenze abgestuft, so daß 10 Töne von Elfenbeinweiß bis zu einem dunklen Braunschwarz entstehen. *Messerli* [23] arbeitete mit einem sog. Pigmentometer, einem einfachen Papierstreifen, der eine Skala von verschieden dunklem Braun enthält.

Normfarben zur Untersuchung von Gefäßreaktionen an der Haut schuf *Lewis* [19]. Er ging von 3 Grundfarben aus, nämlich von der Farbe einer blutlos, extrem rot und extrem cyanotisch gemachten Hand eines normal gefärbten blauäugigen Erwachsenen. Diese Grundfarben wurden mit bestimmten Ölfarben wiedergegeben

* Hautfarbentafel *Pohl* und *Wagner*. Berlin-Treptow.

und in verschiedenem Verhältnis untereinander gemischt und auf Celluloidstreifen aufgemalt.

Der Prager Dermatologe *C. Kreibich* stellte eine Farbtafel für pathologische Hauteffloreszenzen zusammen. Als Grundton diente ihm das lebhafte Rot, welches bei akuter Entzündung der Haut infolge Ausdehnung der Capillargefäße entsteht. Durch Mischung dieses Grundtones mit wechselnden Anteilen gelb, blau, braun und schwarz entstanden die übrigen Farben der 10stufigen Skala.

Alle bisher beschriebenen Farbnormen haben außer den der jeweiligen Methode anhaftenden Nachteilen einen gemeinschaftlichen großen Fehler: Es fehlt ein systematischer Zusammenhang der Farben untereinander, sie sind willkürlich geordnet, nicht nach einem einheitlichen System definiert, haben daher auch keine einheitliche Nomenklatur und können, wenn sie mit der Zeit verblaßt sind, nicht wieder in dem früheren Farbton hergestellt werden. Wir sind ganz mit *Hintze*[14] einig, wenn er an eine brauchbare Hautfarbenskala folgende Anforderungen stellt:

1. gute Vergleichbarkeit der Einzelfarbe mit der Haut;
2. Unveränderlichkeit der Farbproben;
3. Reproduzierbarkeit der Farbproben;
4. systematischer Zusammenhang der Farben untereinander, derart, daß die in Betracht kommenden spektralen Farbtöne und Trübungen in ihrer Gesamtheit berücksichtigt sind und in einer gleichmäßigen Abstufung vorhanden sind;
5. einheitliche Nomenklatur;
6. Abstufungen der Farben in einer Dichte, wie sie der physiologischen Unterschiedsschwelle entspricht;
7. richtige Abgrenzung des in Betracht kommenden Farbbereichs;
8. Anordnung der Farben in ihrem natürlichen Zusammenhange (in der Art, daß alle einer Farbe ähnlichen Töne und Trübungen in ihrer unmittelbaren Umgebung gefunden werden);
9. Vereinigung sämtlicher Farben in einem handlichen Meßinstrument.

Wenn die Farbenskala an ein farbwissenschaftliches System angeschlossen wird, erfüllen sich die Forderung 4 und 5 von selbst, und die schwer zu verwirklichende 2. Forderung ergänzt sich durch die 3. Ich bespreche im folgenden die bisherigen derartigen Versuche farbwissenschaftlich definierter Standardfarben.

Abgesehen von den schon erwähnten *Radde*schen Farbtafeln gibt es jetzt 3 farbwissenschaftliche Systeme, nach denen Standardfarben für Hautfarbenmessungen bestimmt wurden, die Systeme von *Munsell*, *Ridgway* und *Ostwald*.

Ridgway[29] charakterisiert eine Farbe durch ihren Farbton, ihren durch Beimischung von Neutralgrau erzeugten Trübungsgrad und ihre Weiß- oder Schwarzbeimengung. Die Art seiner Bezeichnung ist äußerst unübersichtlich, auch sind weder seine Grundfarben noch sein Weiß und Schwarz wissenschaftlich definiert. *Ridgways* Farben wurden zur Hautfarbenmessung verwendet von *Davenport*[5], *Herskovits*[13], *Todd*[39] usw. Diese Autoren machten hauptsächlich Messungen an Negern, besonders an Negerleichen.

Das *Munsell*-Color-System[4] definiert jede Farbe im Sinne der *Helmholtz*schen Koordinaten nach ihrem Farbton, ihrer Helligkeit und ihrem Sättigungsgrad (hue, value, chroma). Der Farbton wird angegeben durch die Anfangsbuchstaben der 5 Hautfarben Rot, Gelb, Grün, Blau und Purpur bzw. der entsprechenden Zwischenfarben Gelbrot, Blaugrün usw. Die Helligkeit wird ausgedrückt durch Vergleich mit

10 Helligkeitsstufen vom tiefsten Schwarz N_0 bis zum vollkommensten Weiß N_{10}. Der Sättigungsgrad wird angegeben in Graden der Entfernung vom Neutralgrau zum Sättigungsmaximum.

Nach dem *Munsell*-System definiert sind die Farbnormen von *Rowntree* und *Brown* [32]. Es sind dies Wasserfarbenaufstriche nach normalen und pathologisch gefärbten Hautstellen reproduziert und nach klinischen Gesichtspunkten (Anämie, Cyanose, Addison usw.) zu verschiedenen Tafeln zusammengestellt. Wir werden noch weiter unten ausführen, aus welchem Grunde wir die Sicherheit des Anschlusses an das *Munsell*-System bezweifeln.

Das *Ostwald*sche Farbsystem [25] ist das bekannteste und einzige, das exakte wissenschaftliche Genauigkeit mit großer Anschaulichkeit verbindet. Es soll später näher beschrieben werden.

G. Riehl [30] weist in einer Abhandlung auf die Brauchbarkeit des *Ostwald*schen Systems zur Hautfarbenbestimmung und Benennung hin, ohne jedoch praktische Wege zu zeigen. *Hintze* [14] hat als erster sich der *Ostwald*schen Methode bedient und sie mit seinem Hautfarbenfächer in die Praxis einzuführen versucht. Er ging bei der Herstellung seines „Farbfächers" so vor, daß er die an der normalen und pathologischen Haut sowie die an den Organen des menschlichen Körpers zu beobachtenden Farbtöne im Aquarell festlegte, dann durch *Ostwald* bestimmen, innerhalb des *Ostwald*schen Systems ordnen und die Farbproben durch andere benachbarte Farben dieses Systems ergänzen und vermehren ließ. Er kam so zu 358 Farbproben, die auf 3 Fächern angeordnet und zum direkten Vergleich mit der Haut gefenstert sind. Trotz dieser großen Zahl sind aber die Abstufungen im Bereich der normalen Hautfarben noch nicht fein genug wie sich bald zeigte. Auch ergaben sich Schwierigkeiten beim Vergleich der durchsichtigen Haut mit dem undurchsichtigen Papier. Die Reproduktion der ursprünglich brauchbaren und durchsichtigen Aquarellaufstriche erfolgte bei der Herstellung des Fächers nämlich mit Deckfarben (Leimfarben).

Der Nachteil der zu großen Abstufungen läßt sich überwinden, wenn auf das Festlegen bestimmter Farbtonproben also von Hautfarbennormen von vornherein verzichtet und der jeweils zu messende Hautfarbton neu erzeugt wird, wie es durch Kreiselmischung weniger verschiedenfarbiger Töne, die als verschiebbare Sektoren auf einer Scheibe angebracht werden, geschieht. Solche Kreiselmischungen wurden schon von den oben erwähnten amerikanischen Autoren *Rowntree* und *Brown*, *Davenport* usw. neben Standardfarben zur Hautfarbenbestimmung verwendet. Die Standardfarben, die *Rowntree* und *Brown* zur Hautfarbmessung benützt haben, sind nicht unmittelbar dem *Munsell*-System entnommen. Die Autoren haben sich aber bemüht, diese Farben nachträglich im Anschluß an *Munsell* zu definieren. Dazu benützten sie Kreiselmischungen aus *Munsell*schen Standardfarben, die indessen nicht übersichtlich erkennen lassen, an welchen Orten im *Munsell*-System die Hautfarben von *Rowntree* und *Brown* zu finden wären. Außerdem muß gegen die einzelnen Kreiselgleichungen das Bedenken erhoben

werden, daß die verwendeten Komponenten ihrem Farbton nach zu verschieden sind. Dieser Umstand bedingt die Möglichkeit einer Beeinflussung der Bestimmungen durch Farbsinnanomalien, die noch im Bereich des normalen Farbensehens liegen, wie etwa die verschiedene Pigmentierung der Macula.

Es ist überdies sehr schwierig, die Haut mit einer rotierenden Scheibe, die der Haut nicht unmittelbar genähert werden kann, zu vergleichen, auch deshalb, weil die Gleichheit der Beleuchtung von Haut und Kreisel nicht recht kontrollierbar ist.

II. Das neue Verfahren.

Die oben genannten Nachteile und Fehlerquellen auszuschalten und die Vorteile des *Ostwald*schen Systems mit denen der Kreiselmischung * zu verbinden, wird durch eine neue Methode ermöglicht, die es erlaubt, durch besondere Anordnungen Haut und Kreiselfarbe unter gleicher Beleuchtung unmittelbar nebeneinander zu betrachten. Ehe auf die Beschreibung dieser Methode eingegangen wird, sei ein kurzer Überblick über das *Ostwald*sche System gegeben.

1. Das *Ostwald*sche System.

Ostwald teilt die Farben in bunte und unbunte ein. Die unbunten Farben (weiß, grau, schwarz) sind vom hellsten Weiß a beginnend bis zum dunkelsten Schwarz t in einer sog. Grauleiter angeordnet, in der der Weißgehalt von a nach t in logarithmischer Progression abnimmt. Die bunten Farben sind zu einem Farbkreis aus 8 Hauptfarben vereinigt, die beim hellsten Gelb 1 beginnend über Kreß (4), Rot (7), Veil (10), U-Blau (13), Eisblau (16), Seegrün (19) und Laubgrün (22) 24 Stufen durchlaufen, so daß auf jede Hauptfarbe 3 Stufen kommen. Farben, die sich im Farbenkreis gegenüberliegen, sind sog. Gegenfarben, sie mischen sich optisch zu Neutralgrau.

Die Vollfarben, Weiß und Schwarz, sind ideale Grenzbegriffe, die in der Natur niemals als Oberflächenfarben verwirklicht sind. In der Natur ist jede Farbe charakterisiert durch einen Anteil von Bunt, Weiß und Schwarz. Farben mit Graugehalt nennt *Ostwald trübe* Farben. Solche, die außer der Vollfarbe vorwiegend Weiß enthalten, werden *hellklare*, diejenigen, welche außer der Vollfarbe vorwiegend Schwarz enthalten, *dunkelklare* genannt. Jede Farbe läßt sich demnach durch 3 Komponenten darstellen: Ihren Farbton (1—24) und die prozentualen Anteile ihres Weiß- und Schwarzgehalts (a—t).

Alle Farben gleichen Farbtons, aber verschiedenen Schwarz-Weißgehalts sind im sog. farbtongleichen Dreieck enthalten. Dies ist ein gleichseitiges Dreieck, dessen eine Ecke die reine Vollfarbe enthält.

* Siehe Anmerkung 2 S. 785.

Die dieser Ecke gegenüberliegende Seite enthält die Graureihe, Weiß kommt also an die 2., Schwarz an die 3. Ecke des Dreiecks zu liegen. Alle Farben auf der Dreieckseite Vollfarbe — Weiß sind hellklare, auf der Seite Vollfarbe — Schwarz dunkelklare Farben. In der Mitte des Dreiecks liegen alle trüben Farben. Den Schwarz- und Weißgehalt einer solchen „trüben" Farbe liest man an Parallelen ab, die durch den Ort der betrachteten Farbe zu der Bunt-Weiß- bzw. Bunt-Schwarzseite des Dreiecks gezogen werden. An den Schnittpunkten dieser Parallelen mit der Graureihe findet man das Grau gleichen Schwarz- bzw. Weißgehalts.

Ebenso wie die Vollfarben kann man natürlich die Farben gleicher Trübung zu einem Farbkreis anordnen. Den Hautmessungen von *Memmesheimer* und *Matthaei* ist der nc-Kreis zugrunde gelegt, d. h. der Farbkreis in dem alle Farbtöne so viel Prozent Weiß wie das Grau n (= 5,6%) und so viel Prozent Schwarz wie das Grau c (= 44%) enthalten. Für die reine Vollfarbe bleiben also in diesem Kreis jeweils nur 50,4% übrig.

2. Die Methode.

Das nunmehr zu beschreibende Verfahren *, das von *Matthaei* ausgearbeitet wurde, beabsichtigt, die folgenden 3 Aufgaben zu erfüllen:

1. Im Anschluß an das *Ostwald*sche System soll jede beliebige Zwischenstufe zwischen den Atlasnormen als Vergleichsfarbe mit der Haut herstellbar sein (synthetisches Prinzip: Farbenkreisel) **.

2. Die ermischte Farbe soll auf optischem Wege in unmittelbaren Kontakt mit der Hautfarbe gebracht werden (Doppelprisma).

3. Die störende Verschiedenartigkeit der Oberflächenstruktur soll beseitigt werden (Lochschirm mit Visierdraht).

Die Apparatur ist in Abb. 1 dargestellt und in Abb. 2 schematisch erläutert.

Die zu bestimmende Hautstelle kommt in den Ausschnitt eines Hautrahmens [1] ***, der am Versuchstisch fixiert ist. Bestimmt wurde bei unseren vergleichenden Untersuchungen jeweils die Farbe der linken Stirnhälfte, und zwar so, daß der Stirnhöcker in die äußere obere Ecke des Hautrahmens zu liegen kam. Der Stirnhöcker selbst erwies sich infolge der starken Wölbung und der daraus folgenden unregelmäßigen Beleuchtung als ungeeignet. Es wurde stets darauf gesehen, daß die zu messende Hautstelle vollkommen parallel mit dem Hautrahmen lag und ihn

* Die beschriebene Apparatur wurde von der Firma *Strebel* (Tübingen) hergestellt.

** Zur Erreichung der aufgeführten Bedingungen stellt der Farbkreisel nicht das einzig mögliche Mischprinzip dar. Da die Verstellung der Sektoren am Kreisel eine gewisse Umständlichkeit des Arbeitens bedingt, wurde inzwischen von *Matthaei* der *Lambert*sche Spiegel zur Mischung von Pigmentfarben benutzt. Eine auf dieser Grundlage entstandene Apparatur konnte *Matthaei* bereits auf der Bonner Tagung der Deutschen Physiologischen Gesellschaft 1931 zeigen.

*** Die Zahlen in eckiger Klammer beziehen sich auf Abb. 1 und 2, nicht auf das Literaturverzeichnis.

überall nur leicht berührte. Die hierzu notwendige Feststellung des Kopfes wurde durch eine Kinnstütze erreicht [5], in der das ganze Kinn aufliegt. Außerdem fixiert

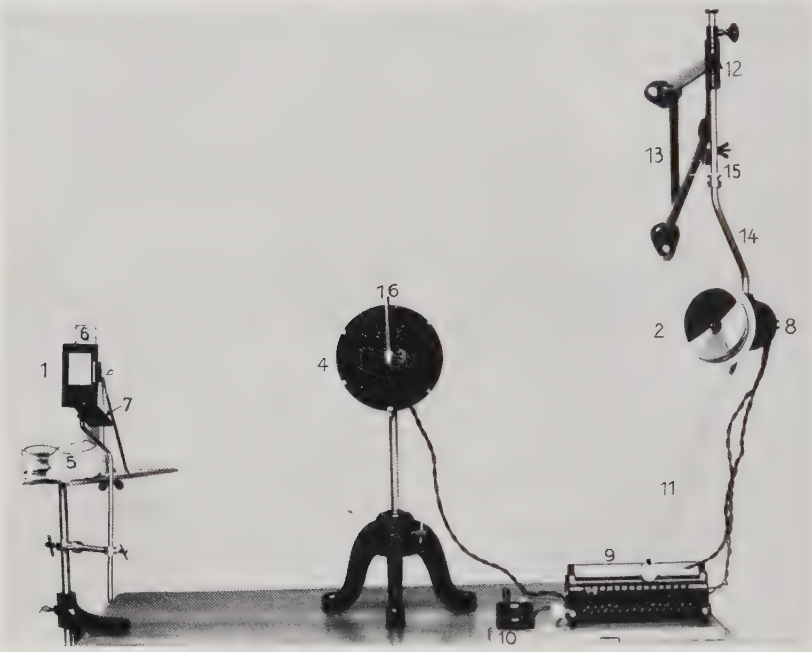

Abb. 1. 1. Hautrahmen, 2. Kreisel, 3. Prisma, 4. Lochschirm, 5. Kinnstütze, 6. Kopfstütze, 7. Kontrollklappe, 8. Motor, 9. Widerstand mit Schleifkontakt, 10. Schalter für den Motor, 11. Führungsstange, 12. Lösungsschraube für den Kreiselarm, 13. Wandarm, 14. Kreiselarm, 15. Winkelmesser mit Zeiger, 16. Visierdraht.

eine Kopfstütze [6] aus starkem Zinkblech, die zur Ausschaltung des Kältereizes mit Mullbinden umwickelt ist, den Kopf der Versuchsperson an seiner linken, dem Licht abgewandten Seite. Kinnstütze und Kopfstütze sind um ihre vertikale Achse drehbar, außerdem läßt sich die Kopfstütze in einer Rinne mehr oder weniger von der Kinnstütze entfernen, so daß man verschiedene Hautstellen, z. B. rechte und linke Stirnseite einstellen kann, ohne gleichzeitig den Hautschirm und damit das Prisma mit dem Lochschirm verschieben zu müssen. Die Versuchsperson sitzt auf einem Drehstuhl, der stets so festgestellt wird, daß eine möglichst bequeme Stellung des zu untersuchenden Körperteils erreicht wird. Farbbestimmungen an Köpfen von Kindern machen es notwendig, die Kinnstütze samt der

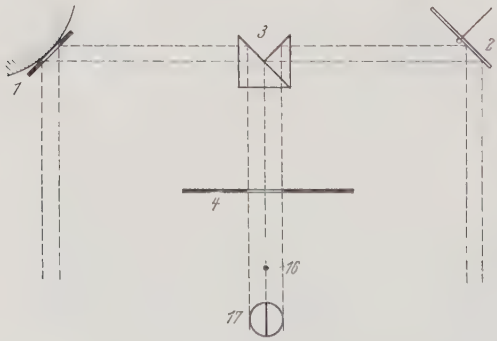

Abb. 2.

Kopfstütze mehr an den Hautrahmen heranzubringen, was sich durch Lockern der die Kinnstütze am Tisch und den Hautrahmen an der Kinnstütze festhaltenden Schrauben leicht erreichen läßt.

Zur Beleuchtungskontrolle und zur Bestimmung von Aufstrichfarben befindet sich vor dem Hautrahmen eine aufklappbare Kontrollklappe [7], in die Farbpapiere eingeschoben werden können.

Der Hautstelle gegenüber in symmetrischer Anordnung ist der Farbenkreisel [2] an einem Wandarm befestigt. Der Kreisel enthält die zur Hautfarbenbestimmung erforderlichen Farbaufstriche als geschlitzte Kreiselscheiben, so daß durch Lockern der Schraube in der Mitte des Kreisels jeder sichtbare Sektor zugunsten jedes anderen verschoben werden kann. Die Rotation des Kreisels erfolgt elektrisch durch einen kleinen, hinter der Drehscheibe sitzenden Motor [8]. Die Geschwindigkeit der Rotation wird geregelt durch einen zwischengeschalteten Widerstand [9], dessen Schleifkontakt, ebenso wie der Schalter für den Motor [10], für die Hand des Untersuchers bequem zu erreichen ist. Die Rotationsgeschwindigkeit muß so sein, daß ein ruhiges flimmerfreies Kreiselfeld erzielt wird. Die Kreiselscheibe ist in 100 Teile zu je 3,6° eingeteilt, so daß die prozentualen Anteile der einzelnen Sektoren abgelesen werden können. Eine am Motorgehäuse angebrachte Führungsstange [11] ermöglicht es dem Untersucher, nach Lösen der Schraube [12] zwischen dem feststehenden Wandarm [13] und dem Kreiselarm [14] den Kreiselarm um seine Vertikalachse zu drehen und so die Belichtung des Kreisels zu variieren. Die Größe der Drehung kann an einem mit dem Kreiselarm verbundenen Winkelmesser [15] abgelesen werden, der sich mit dem Kreiselarm unter einem am Wandarm befestigten Zeiger vorbeidreht. Es erwies sich am praktischsten, den Hautrahmen stets in derselben Höhe und unter einem Beleuchtungseinfallswinkel von 45° feststehen zu lassen, da so das Prisma zu den einzelnen Messungen nicht verschoben zu werden braucht. Natürlich müssen Hautrahmen und Kreisel in einer Ebene zueinander stehen, das Prisma muß etwa gleich weit von beiden entfernt sein. Nach Benutzung des Apparates wird eine Lichtschutzkappe auf den Kreisel gesetzt, um Ausbleichen und Schmutzigwerden der Sektorenfarben zu verhüten.

In der Mitte zwischen Haut und Kreisel ist ein total reflektierendes Doppelprisma [3] angebracht. Abb. 2 gibt schematisch den Strahlengang im Apparat wieder (die Zahlen sind dieselben wie in Abb. 1). Ein Lochschirm [4] vor dem Prisma bringt die zu vergleichenden Farben in einheitlichen Rahmen. Prisma und Lochschirm sind miteinander fest verbunden. Die rechtwinklige Kante zwischen beiden total reflektierenden Prismaseiten teilt das Gesichtsfeld, d. h. den Ausschnitt des Lochschirms, genau in der Mitte, so daß die zu vergleichenden Farben gleich große Flächen einnehmen. Vor dem Lochschirm (3 cm vor dem Prisma) ist ein Draht aufgehängt, dessen Spitze auf das obere Ende der Prismakante eingestellt wird. Durch die Drahtspitze wird die Blickrichtung des Beobachters fixiert, so daß eine Kinnstütze für ihn überflüssig ist. Man visiert auf die Drahtspitze und sieht so die Farben hinter dem Lochschirm ohne Oberflächenstruktur als freie Farbe (Lochfarbe [20]). Der Lochschirm ist in neutralem Grau von der Helligkeit der Hautfarben gehalten. Das Photometerfeld [17] erscheint mit dem grauen Umfeld des Schirmes in einer Ebene liegend. Dadurch wird eine Situation geschaffen, die dem Vergleich von Farbqualitäten im täglichen Leben entspricht. Wir möchten vermuten, daß durch ein derartiges „naturgemäßes" Verfahren auch der Ungeübte in Stand gesetzt wird, schon in kürzester Zeit eine ausreichende Sicherheit in der Farbbestimmung zu erzielen.

Der Gang der Untersuchung ist nun folgender: Der Untersucher sitzt in etwa 1 m Entfernung vor dem Ausschnitt des Lochschirmes. Er soll dabei keinen weißen Mantel oder weiße Überkleidung tragen, um etwaige Reflexionen von diesen stark zurückstrahlenden Flächen auf Haut und Kreisel zu vermeiden. Am besten ist

ein grauer oder schwarzer Mantel. Die Betrachtung der Vergleichsfarben geschieht nur mit einem Auge, das andere wird praktischerweise mit einem Schirm bedeckt.

Nach Aufklappen der Kontrollklappe am Hautrahmen und Abnahme der Lichtschutzkappe vom Kreisel hat man sich zu überzeugen, ob gleich große Flächen von Kontroll- und Kreiselfarbe im Gesichtsfeld erscheinen. Andernfalls muß das Prisma mit dem Lochschirm (oder auch der Hautrahmen) so lange verschoben werden, bis dies erreicht ist. Alsdann wird die zu messende Hautstelle im Hautrahmen eingestellt und mit Kinn- und Kopfstütze fixiert. Vor die Sektoren des Kreisels wird ein Vollkreis derselben Farbe aufgeschraubt, die sich auf der Kontrollklappe des Hautrahmens befindet. Die beiden Farben werden nach Lockern der Lösungsschraube des Kreiselarms durch Verschieben des Kreisels mit Hilfe der Führungsstange auf gleiche Helligkeit eingestellt. Es ist notwendig, hierzu den Kreisel rotieren zu lassen, damit die Kontrollfarbe ebenso wie die einzelnen Sektoren nachher durch die Zentrifugalkraft dicht auf die Drehscheibe zu liegen kommt. Ist die gleiche Helligkeit erreicht, wird der Motor ausgeschaltet und der Kreiselarm in der erhaltenen Stellung durch Anziehen der Lösungsschraube fixiert. Die Kontrollklappe am Hautrahmen und der Kontrollkreis am Kreisel werden entfernt. Für den Anfang ist es am besten, von einer stets gleichbleibenden Sektorenstellung auszugehen, etwa von je 25% Weiß, Schwarz, Gelb und Rot (c, n, 4 nc, 5 nc). Mit einiger Übung erreicht man es später leicht, gleich von vornherein eine Sektorenstellung einzustellen, die einen der zu untersuchenden Hautstelle angenäherten Farbton ergibt. Der Kreisel wird dann in Bewegung gesetzt, die Kreiselfarbe mit der Hautfarbe verglichen, und nach jedesmaligem Abstellen und wieder Anlassen des Motors Art und Größe der Sektoren so lange variiert, bis vollkommene Farbengleichheit im Gesichtsfeld vorhanden ist. Man lernt sehr bald die einzelnen Sektoren richtig zu verschieben, wenn man die zu vergleichenden Farben nach Helligkeit, Sattheit und Farbton charakterisiert. So kann, wenn z. B. die zu untersuchende Haut dunkler als die Kreiselmischung erscheint, die Verschiebung des schwarzen Sektors auf Kosten der andern oder der farbigen Sektoren auf Kosten des weißen oder des roten Sektors auf Kosten des gelben zum Ziele führen, je nachdem die Haut grauer, satter oder farbtonverschieden ist. Mit einiger Übung kann man eine Hautfarbe in 10—15 Minuten bestimmen. Den gesuchten Farbton mischt man stets aus 2 im Farbkreis benachbarten Sektoren, da die Einstellung um so genauer wird, je weniger die verwendeten Sektoren voneinander verschieden sind, und etwaige Farbsinnanomalien so am wenigsten zur Geltung kommen. Sobald man sehr nahe an die gesuchte Farbe herangekommen ist, empfiehlt es sich, eine Beleuchtungskontrolle einzuschieben, da die Beleuchtung inzwischen gewechselt haben könnte. Bei direktem Sonnenlicht soll nicht gearbeitet werden, weil in Sonnenbeleuchtung die Kreiselfarbe gelblicher als sonst aussieht, und die abgelesenen Farbwerte somit zu rot ausfallen. Alle Untersuchungen erfolgten deshalb bei diffusem Tageslicht (Nordlicht) in $5^1/_2$ m Entfernung vom Fenster, nicht in der Dämmerung und auch nicht bei stark bewölktem Himmel.

3. Die Genauigkeit der Methode.

Die Zuverlässigkeit der Meßmethoden wurde nach 3 verschiedenen Gesichtspunkten kontrolliert: Nach der Genauigkeit der Sektoreinstellung am Kreisel; nach dem Einfluß des Umfeldes auf die Fehlergröße; nach der Sicherheit der Beleuchtungskontrolle.

Am meisten Bedenken könnte man darüber haben, ob auch wirklich gleiche Beleuchtung von Kreisel und Haut erzielt wird. Daher machte ich gemeinsam mit *Matthaei* Versuche über die Genauigkeit der Einstellung auf gleiche Helligkeit bei verschiedenen Um- und Infeldern. Zur exakten Ablesung der Kreiseleinstellung

war am oberen Ende des Kreiselarmes ein kleiner Spiegel angebracht, der sich mit dem Kreiselarm drehte. Mit Hilfe eines Fernrohres wurde eine sich in diesem Spiegel darstellende, mit dem Fernrohr fest verbundene beleuchtete Skala betrachtet und dann die verschiedenen Einstellungen des Kreisels in den Graden dieser Skala ausgedrückt und notiert. Eine Versuchsperson machte nacheinander 5 Einstellungen auf gleiche Helligkeit, während die andere an der Skala beobachtete. Es wurden jeweils 20 Einstellungen bei unbuntem Infeld und unbuntem dunkleren oder unbuntem helleren oder unbuntem gleichhellem Umfeld, die gleiche Zahl bei buntem Infeld und unbuntem dunkleren oder unbuntem hellerem oder unbuntem gleichhellem Umfeld gemacht. Dabei zeigte es sich, daß die durchschnittlichen* Abweichungen vom Mittelwert der Einstellung um so größer waren, je größer der Unterschied zwischen Infeld- und Umfeldhelligkeit war, gleichgültig, ob die Umfeldhelligkeit größer oder kleiner als die Infeldhelligkeit war. Den günstigsten Mittelwert der Abweichungen bekam man also bei gleicher Helligkeit von Um- und Infeld, und zwar sowohl bei buntem wie bei grauem Infeld und Umfeld. Er betrug bei 40 Einstellungen nur 28 Winkelminuten. Um zu erfahren, welcher Helligkeitsunterschied diesem durchschnittlichen Fehler von 28 Minuten entspricht, ermischte ich am Kreisel ein bestimmtes in der Kontrollklappe aufgestelltes Grau bei gleicher Beleuchtung von Kreisel und Kontrollgrau. Dann wurde der Kreisel um 10^0 gegen das Licht gedreht und in dieser neuen Kreiselstellung dasselbe Grau nochmals ermischt. So ergab sich, daß eine Drehung des Kreisels um 1^0 gegen das Licht eine Aufhellung von 0,51% bedeutet. Daraus errechnet sich der durchschnittliche Fehler in der Beleuchtungskontrolle auf 0,24% Albedo, gewiß ein sehr gutes Resultat. Daher wurde für alle ferneren Untersuchungen ein Umfeld von etwa der Helligkeit der Hautfarben (das Grau f) und für die Beleuchtungskontrolle ein gleich helles buntes Infeld vom Farbton 4 benutzt.

Das Ergebnis dieser Untersuchungen über den Einfluß des Umfelds auf die Genauigkeit der Messungen ist übrigens eine Bestätigung der Untersuchungen von *Dittmers* [6], der unter ganz anderen Versuchsbedingungen bei ganz anderem Versuchsziel zu demselben Resultat kam.

Als weitere Untersuchungen über die Genauigkeit der Methode wurde eine bunte Farbe (die *Memmesheimer*sche Hautfarbe E) an verschiedenen Tagen bei verschiedener Beleuchtung 10mal am Kreisel gemischt.

Dabei ergab sich ein durchschnittlicher Fehler von 1,15% ** Weiß-, 1,21% Schwarz- und 1,10% Buntgehalt, jeweils auf den absoluten Wert der verwendeten Farben umgerechnet. Die Abweichung im Farbton betrug 0,15 Stufen des 100teiligen Farbkreises. Dies besagt also, daß mit der angewandten Methode zwischen 2 benachbarten Farben des 24teiligen Farbkreises noch 27,8 Zwischentöne durch Messung differenzierbar sind. Die Unterschiede der am meisten voneinander abweichenden Bestimmungen betrugen für Weiß 3,88%, für Schwarz 4,25%, für Bunt 4,0%, für den Farbton nur 0,7 Stufen. Es lassen sich also noch minimale Unterschiede im Farbton mit der Methode nachweisen. Die schraffierte Figur in dem Dreieck von Abb. 3 gibt den Ort dieser 10 Bestimmungen im farbtongleichen Dreieck an. Man sieht, daß der Streuungsbezirk etwa die Größe eines gleichseitigen Dreiecks hat mit einer Seitenlänge von je 5% der Seiten des farbtongleichen Dreiecks.

* Wir haben es für angebracht gehalten, nur den durchschnittlichen Fehler anzugeben, weil die Zahl unserer Beobachtungen zu der Angabe eines mittleren Fehlers nicht berechtigt (s. *Pütter:* Die Auswertung zahlenmäßiger Beobachtungen in der Biologie. Berlin u. Leipzig: de Gruyter & Co. 1929).

** Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Prozentwerte sich auf die Albedozahlen beziehen und nicht etwa ein prozentualer Fehler gemeint ist!

Um eine Vorstellung zu bekommen, mit welcher Genauigkeit Kreiseleinstellungen überhaupt zu machen sind, machte *Matthaei* folgende Versuche:

Er brachte an die Stelle des Hautrahmens einen während der Rotation verstellbaren Kreisel, dann wurde auf dem Kreisel der Meßanordnung eine beliebige Farbe eingestellt, mit dem Variationskreisel wiederholt ermischt und der durchschnittliche Fehler dieser Bestimmungen berechnet. Es wurde nur mit 2 Sektoren gearbeitet, da der Variationskreisel nur für 2 Sektoren verwendbar ist, und zwar in einigen Versuchen mit c und n und in anderen c und 5 nc. Variiert wurden die Umfeldverhältnisse und die Größe der Sektoren. Bei 66 Bestimmungen ergab sich ein durchschnittlicher Fehler von 0,47% Weiß, das entspricht einem mittleren Fehler von $\pm$ 0,57. Im günstigsten Fall, bei gleich hellem Umfeld und einer Kreiselstellung von 50% c und 50% n betrug der durchschnittliche Fehler nur 0,2% (mittlerer Fehler $\pm$ 0,25%). Vergleicht man diese Zahlen mit den oben für meine eigenen Kreiseleinstellungen angegebene (durchschnittlicher Fehler von 1,15%), so muß man bedenken, daß der Fehler mit der Anzahl der verwendeten Sektoren ansteigt. Andererseits ist zu berücksichtigen, daß meine Genauigkeitsbestimmungen ganz zu Anfang der Untersuchungen, wo noch wenig Übung vorhanden war, vorgenommen wurden, und daß naturgemäß nach längerem Arbeiten mit der Methode bessere Resultate erhalten werden dürften. Allerdings wird die Fehlergrenze bei Messungen an der Haut selbst etwas höher sein, da ein Hautstück von der Größe unseres Rahmens (3 : 4 cm) selten ganz glatt ist und in einer Ebene liegt, und infolgedessen nie ganz gleichmäßig beleuchtet ist. Auch bleibt bei manchen Häuten trotz Ätherabreibung ein gewisser, durch ein rauheres Hautrelief und eine stärkere Reflexion hervorgerufener Glanz bestehen, der störend wirken kann. Die Genauigkeitsbestimmung wurde an einem Farbaufstrich vorgenommen, da sie an der Haut selbst nicht durchführbar ist, denn die Hautfarbe ändert sich meist zwischen den einzelnen Bestimmungen durch irgendwelche Einflüsse chemischer, mechanischer, thermischer oder psychischer Art, wenn auch nur um ein geringes.

III. Untersuchungsergebnisse.

1. Die Sektoren.

Es wurde zuerst versucht, die von *Memmesheimer* und *Matthaei* gebrauchten Farben des nc-Kreises nebst dem hellen Grau c und dem dunklen Grau n zu allen Untersuchungen zu benützen. Jedoch zeigte es sich bald, daß die vorliegenden Aufstriche für die wenig pigmentierte Haut von Frauen und Kindern zu trübe waren, d. h. zu viel Schwarz enthielten. Wir fanden geeignete Farben in einem im Handel befindlichen Buntpapierheft, dessen Farben etwa dem helleren na-Kreis entsprachen. Zu einer gewöhnlichen Hautfarbenbestimmung waren im allgemeinen 4 Sektoren notwendig, die beiden unbunten (a und n) und 2 im Farbkreis benachbarte bunte, aus denen der Farbton gemischt wurde. Es waren erforderlich für die normale Haut des Europäers die Blätter 3–6, für Erytheme die Blätter 5–7, zur Messung von Hämangiomen kam noch Blatt 8 hinzu.

Zur genauen Berechnung der mit diesen Blättern gemessenen Farben ließen wir das verwendete Papier von *Krüger* (Deutsche Werkstätte für Farbenkunde, Dresden) mit dem Stufenphotometer bestimmen und rechneten mit Hilfe dieser von *Krüger* erhaltenen Werte den absoluten Schwarz-, Weiß- und Buntgehalt der gemessenen Farben aus *. Es ist hierbei eine Schwierigkeit zu erwähnen:

* Es könnte wundernehmen, daß wir unsere Aufstriche mit dem Stufenphotometer normen ließen, trotz unserer früher erwähnten Bedenken gegen diese Meßmethode. Aber wir mußten Wert legen auf den Anschluß an den *Krüger*schen Meßkreis, weil er gegenwärtig als die sicherste Ausführung der *Ostwald*-Normen gilt.

Die *Krüger*schen Zahlen für die Farbtöne stimmen mit den älteren *Ostwald*schen, die auch *Hintze* benutzt hat, nicht ganz überein. Deshalb haben wir in Tabelle 1 außer den *Krüger*schen Meßzahlen auch die mit dem *Hintze*schen Fächer vergleichbaren Farbtonwerte angegeben. Die Angaben der vorliegenden Untersuchungen beziehen sich alle auf die *Krüger*schen Zahlen.

Tabelle 1. *Maßzahlen.*

Gebrauchte Papiere	Farbton nach *Ostwald-Hintze*	Farbton nach *Krüger*	Weiß	Schwarz
3 nc *	3	3,75	9,0	50
4 nc *	4	5,1	6,0	52
5 nc *	5	5,8	6,3	51
7 nc	7	7,6	5,4	66,3
3 na	2,3	2,9	6,0	33
4 na	3,8	4,85	6,0	30
5 na	5	5,7	7,1	30
6 na	6,5	6,78	6,5	33
7 na	8	7,75	4,5	33
n *			5,9	94,1
c * Krüger			59	41
a			89	11

2. Normale Hautfarben.

Um die Schwankungen normaler Hautfarben bei verschiedenen Menschen festzustellen, machte ich zuerst Messungen an sonst gesunden Patienten der Gonorrhoeabteilungen der Klinik. Es handelt sich immer um Württemberger. Es wurde jeweils die Farbe der leicht zugänglichen Stirn und des Handrückens bestimmt. Die Stirn wurde, wie eingangs bei der Beschreibung der Methode geschildert, an den Hautrahmen gebracht. Die Farbe des Handrückens wurde so gemessen, daß der stehende Patient den Arm in Schulterhöhe waagrecht ausstreckte und sich mit den Fingern der betreffenden Hand an der Kopfstütze festhielt. Auf diese Weise vermied man eine allzu starke Füllung der oberflächlichen Handvenen und die Eigenfarbe des Handrückens trat besser hervor. In der beigefügten Tabelle 2 sind die Resultate von 40 solchen Messungen zusammengestellt und nach zunehmendem Schwarzgehalt der Stirnhaut geordnet. Da die Messungen hauptsächlich in den Monaten März—April ** gemacht wurden, konnten naturgemäß relativ wenig dunkelpigmentierte, sonnengebräunte Patienten untersucht werden. Zu bemerken ist noch, daß die Farbe mit dem höchsten Schwarzgehalt keineswegs auch die dunkelste zu sein braucht, weil ja für die Helligkeit auch das Verhältnis Weiß zu Bunt und hier das des helleren Gelb zu dem dunkleren Rot in Frage kommt.

* Papiere, die *Memmesheimer* und *Matthaei* gebraucht haben und l. c. reproduziert sind.

** Sonnenscheinstunden im Februar 1930 116,9; im März 113,8; im April 127,8.

In Tabelle 2 und 3 sind Geschlecht, Alter, Haarfarbe und Beruf der betreffenden Patienten angegeben, weil ja der rote durch die durchscheinenden Blutcapillaren bedingte Anteil der Hautfarben sowie der Schwarzanteil, der dem Pigmentgehalt der Haut entsprechen dürfte, weitgehendst von diesen Faktoren abhängig sind. Außerdem ist noch eine kurze Charakteristik der Gesichtsfarbe beigefügt, die unbeeinflußt

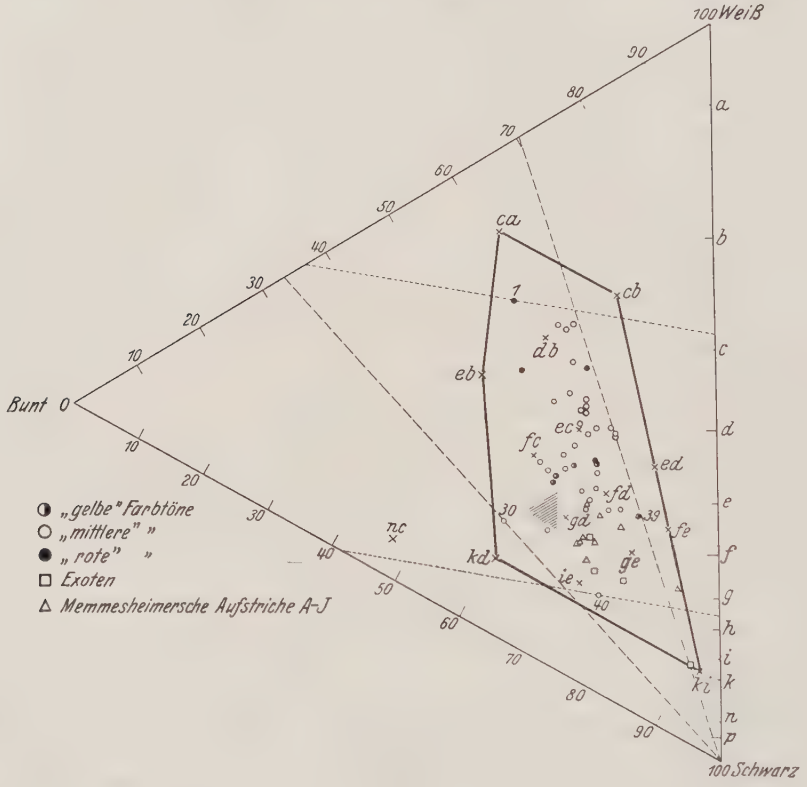

Abb. 3.

von den Ergebnissen der Messung, rein nach dem Aspekt gemacht wurde. Es läßt sich dadurch zeigen, wie z. B. die sog. „gesunde" Gesichtsfarbe zusammengesetzt ist, oder welche Komponenten die „Zartheit" der Hautfarbe bedingen.

Zur Übersicht habe ich die Werte für die Stirnfarbe alle in ein farbtongleiches Dreieck (vgl. S. 784) eingezeichnet. (Abb. 3). Um auch den Farbton einigermaßen in die Darstellung hereinbringen zu können, habe ich verschiedene Farbtongruppen gebildet und durch besondere Zeichen in der Abbildung gekennzeichnet. Die gelben Farbtöne sind zusammengefaßt von Ton 4,4—4,9, die mittleren von 5,0—5,8, die roten von 5,9—6,4.

Tabelle 2.

Nr.	Versuchsperson Geschlecht, Alter, Gesichtsfarbe	Linke Stirn				Rechter Handrücken				Haarfarbe Beruf
		Schwarz %	Bunt %	Weiß %	Farbton	Schwarz %	Bunt %	Weiß %	Farbton	
1	weibl., 17 Jahre, zart, gut durchblutet	21,6	30,6	47,8	6,4	47,1	21,3	31,6	6,3	braunschwarz, Dienstmädchen
2	weibl., 23 Jahre, gelblich, blaß	28,6	25,2	47,2	5,0	53,5	22,6	23,9	4,8	braunschwarz, Kellnerin
3	männl., 7 Jahre, zart, sommersprossig	29,1	23,4	47,5	5,2					dunkelblond
4	männl., 6 Jahre, zart	29,2	22,0	48,8	5,0					dunkelblond, Bruder zu Nr. 3
5	weibl., 19 Jahre, zart, gut durchblutet	31,9	29,6	38,5	6,0	51,8	13,7	34,5	6,8	dunkelblond, Fabrikarbeiterin
6	weibl., 19 Jahre, wenig Pigment	34,8	22,0	43,2	5,4					blond, Haustochter
7	weibl., 17 Jahre, zart	36,2	19,9	43,9	5,9	45,0	22,4	32,6	6,2	blond, Haustochter
8	männl., 21 Jahre, zart, sommersprossig	38,4	24,9	36,7	5,7	51,7	19,2	29,1	6,4	rötlichbraun, Arbeiter
9	weibl., 37 Jahre, gut durchblutet	38,7	22,3	39,0	5,7	48,9	19,3	31,8	5,2	braun, Bauernfrau
10	weibl., 31 Jahre, zart	40,4	20,1	39,5	5,2	50,1	19,8	30,1	5,1	dunkelblond, Hausfrau
11	weibl., 20 Jahre, blaß, sommersprossig	41,2	20,2	38,6	5,6	54,5	18,1	27,4	5,7	braun, Dienstmädchen
12	weibl., 29 Jahre, schmutzig grau	41,7	21,0	37,3	5,3	66,5	19,1	14,4	4,5	schwarzbraun, Hausfrau
13	weibl., 3 Jahre, ziemlich lebhaft	42,1	20,8	37,1	5,1	33,9	15,0	51,1	4,5	dunkelblond
14	weibl., 25 Jahre, gelblich	43,4	20,9	35,7	5,1	50,8	19,4	29,8	5,0	dunkelblond, Fabrikarbeiterin
15	weibl., 21 Jahre, blaß	45,2	18,3	36,5	5,3	57,9	17,8	24,3	5,2	braun, Dienstmädchen
16	männl., 24 Jahre, zart, gut durchblutet	45,6	19,4	35,0	5,5	49,2	24,9	25,9	5,6	aschblond, Steinbrecher
17	weibl., 20 Jahre, ziemlich lebhaft	45,7	27,0	27,3	5,5	54,8	20,0	25,2	5,1	dunkelblond, Dienstmädchen
18	weibl., 36 Jahre, bräunlich	46,1	21,3	32,6	5,8	46,3	21,5	32,2	5,1	dunkelbraun, Fabrikarbeiterin
19	weibl., 23 Jahre, blaß	46,5	15,6	37,9	5,8	54,8	17,7	27,5	4,3	schwarz, Tänzerin
20	männl., 36 Jahre, bräunlich	46,6	23,3	30,1	5,7					dunkelblond, Arzt
21	männl., 40 Jahre, gelblich-rot	47,2	26,0	26,8	5,5	52,3	24,1	23,6	5,6	grau (früher blond), Schlosser
22	weibl., 22 Jahre, zart, rötlich	47,6	15,4	37,0	5,6	54,5	14,9	30,6	5,7	blond, Fabrikarbeiterin
23	weibl., 21 Jahre, mäßig pigmentiert	48,0	15,1	36,9	5,6	49,0	20,1	30,9	4,6	hellbraun, Fabrikarbeiterin
24	weibl., 26 Jahre, gelblich, fahl	48,4	22,4	29,2	4,8	49,8	21,1	29,2	4,6	dunkelblond, Fabrikarbeiterin
25	weibl., 35 Jahre, gelblich-schmutzig	48,8	24,5	26,7	4,7	46,0	22,8	21,2	5,0	braun, Hausfrau

Nr.	Versuchsperson Geschlecht, Alter, Gesichtsfarbe	Linke Stirn				Rechter Handrücken				Haarfarbe Beruf
		Schwarz %	Bunt %	Weiß %	Farbton	Schwarz %	Bunt %	Weiß %	Farbton	
26	männl., 25 Jahre, gelblich	48,8	22,9	28,3	5,5	44,6	27,4	28,0	5,4	dunkelbraun, Maulwurffänger
27	weibl., 22 Jahre, lebhaft, brünett	49,3	24,8	25,9	4,4					schwarz, Kellnerin
28	weibl., 26 Jahre, lebhaft, gesund	49,5	18,6	31,9	6,2	44,1	19,0	36,9	5,7	braun, Näherin
29	weibl., 31 Jahre, blaß, schlecht aussehend	50,5	18,3	31,2	4,8	51,3	24,3	24,4	5,3	braun, Hausfrau
30	männl., 38 Jahre, lebhaft, gesund	50,6	32,5	16,9	5,6					rötlich, Maurer
31	weibl., 23 Jahre, lebhaft, gesund	51,7	18,1	30,2	5,5	50.1	19,9	30,0	5,3	dunkelblond, Haustochter
32	weibl., 23 Jahre, blaß, zart	52,9	20,7	26,4	5,2	61,1	14,5	24,4	6.0	dunkelbraun, Dienstmädchen
33	weibl., 36 Jahre, braun, lebhaft	53,5	18,6	27,9	5,3	59,3	17,3	22,9	5,3	schwarz, Bauernmädchen
34	weibl., 38 Jahre, braun, gut durchblutet	54,5	19,7	25,8	5,4	53,6	17,8	28,6	5.8	schwarz, Bauernmädchen
35	männl., 22 Jahre, lebhaft, braun	55,1	26,0	18,9	5,1	64,8	25,6	19.6	5.8	dunkelbraun, Bauernknecht
36	weibl., 28 Jahre, lebhaft, braun	55,6	20,0	24,2	5,6	42,0	26,5	31,5	5.6	braun, Bauernfrau
37	weibl., 29 Jahre, braun	57,5	16,7	25,8	5,1	64,1	16.9	19,0	5.0	braun, Bauernfrau
38	männl., 27 Jahre, stark sonnverbrannt	58,4	24,8	26,8	5,2					braun, Arzt (Sportsmann)
39	männl., 23 Jahre, gelblich-schmutzig	60,3	12,3	27,4	4,8					braun, Student
40	männl., 51 Jahre, dunkelbraun	68,1	28,1	13,8	5,8	60.3	20,1	19.6	6.0	braun, Bauer

Tabelle 3.

Nr.	Versuchsperson Geschlecht, Alter, Gesichtsfarbe	Linke Stirn				Rechter Handrücken				Haarfarbe Beruf
		Schwarz %	Bunt %	Weiß %	Farbton	Schwarz %	Bunt %	Weiß %	Farbton	
1	männl., 27 Jahre, Chinese	59,2	19,9	20,9	4,3					schwarz, Student
2	männl., 24 Jahre, Chinese	64.5	18.7	16.5	4.6	63.9	20,3	15.8	4.7	schwarz, Student
3	männl., 22 Jahre, Chinese	68,3	14,2	17.5	4.8	64.4	16.4	19.2	4.8	schwarz, Student
4	männl., 28 Jahre, Neger	84,0	4,7	11.3	4.8					schwarz (wollhaarig), Student

Die in unserem Farbbereich vorkommenden Schnittpunkte der *Ostwald*schen Koordinaten sind angegeben; die meisten Farben gruppieren sich um ec, welches ja auch nach *Hintze* die häufigste Normalfarbe ist. Unser ganzer Farbenbereich bildet ein unregelmäßiges Fünfeck mit den Eckpunkten ca, cb, ki, kd, eb. Innerhalb dieses Fünfeckes liegen db, ec, fc, fd, gd, ge und ie.

Die von *Memmesheimer* [21] früher zu Hautfarbenmessungen an sich selbst benutzten Aufstriche A—I habe ich zum Vergleich nach der neuen Methode bestimmt und ebenfalls in das farbtongleiche Dreieck eingetragen. Naturgemäß sind diese Farben dunkler als die meisten Farben meines vorwiegend weiblichen Untersuchungsmaterials. Den Schnittpunkt der *Ostwald*schen Koordinaten n und c habe ich ebenfalls angegeben, weil er den Bereich kennzeichnet, für den die ursprünglich verwendeten Aufstriche ausgereicht hätten. Man sieht, daß wohl ziemlich viel Farben weniger Schwarz enthalten als die Farben des nc-Dreiecks, keine aber weniger Weiß.

Aus den *Ostwald*-Koordinaten, die das Dreieck bestimmen (Prozente Bunt, Weiß und Schwarz) ist die Helligkeit der Farben nicht ohne weiteres ersichtlich. Deshalb haben wir 2 Bezugslinien (punktiert) in das Dreieck hineingezeichnet, eine durch die hellste, eine 2. durch die dunkelste der untersuchten Europäerfarben. Eine derartige Linie verbindet jeweils Farben des Dreiecks mit dem Grau gleicher Helligkeit *. Man ersieht mithin, daß die hellste unserer Farben (Nr. 1, Tabelle 2) etwa der Helligkeit des Grau c, die dunkelste (Nr. 40, Tabelle 2) nahezu die von h besitzt. (Das Grau unseres Umfeldes war f.) Die Helligkeit der übrigen Farben ergibt sich aus dem senkrechten Abstand von den genannten Bezugslinien.

Die bekannte Tatsache, daß Frauen und Kinder im allgemeinen eine hellere Hautfarbe als Männer haben, ist auch hier bestätigt, wie aus Nr. 1—7 in der Tabelle, bei denen es sich um junge Mädchen und Kinder handelt, hervorgeht. Der 1. Mann (Nr. 8) ist ein sommersprossiger, rothaariger junger Mensch mit der bekannt zarten Haut der Rothaarigen. Das Ende der Tabelle (Nr. 40) mit einem Schwarzgehalt von 68,1% nimmt ein 51jähriger Landwirt ein, bei dem alle Faktoren zusammenkamen, welche eine dunklere Färbung der Haut bedingen: Höheres Alter mit geringerem Hautturgor, stärkerer Riffelung und Runzeln, dauernder Aufenthalt in Luft, Regen und Sonne (mechanische, chemische und physikalische Reize). Der zweitletzte (Nr. 39) in der Reihe ist ein junger Student, dessen hoher Schwarzgehalt eine besonders dunkle Hautfarbe vortäuscht; jedoch wirkt diese Farbe infolge des relativ hohen Weiß-, des geringen Buntgehalts und des ziemlich hellen Farbtons eigentlich mehr schmutzig-gelblich als klar und dunkel, wie sonst die Farben mit gleichzeitig großen Schwarz- und Buntanteilen wirken. Der Gehalt

* Bezüglich der Konstruktion s. *Matthaei* [20].

seiner Hautfarbe an Bunt ist mit 12,3% der geringste der Tabelle überhaupt, den Rekord an Buntgehalt mit 32,5% weist ein rothaariger, viel im Freien arbeitender Mann (Nr. 30) auf. Zur Beurteilung dieser Farbe ist eine (gestrichelte) Linie eingezeichnet, die diese Farbe mit der Schwarzecke verbindet. Die Punkte dieser Linie besitzen jeweils die gleichen relativen Abstände von der Bunt- und Weißecke, d. h. es handelt sich um Sättigungsgleiche. Eine 2. Sättigungsgleiche berührt die am wenigsten gesättigten Farben unserer Messungen, unter anderem die Farbe des eben erwähnten Studenten Nr. 39. Zusammenfassend können wir feststellen, daß die beobachteten Sättigungsgrade zwischen den Extremen, die durch die Farbenkreise cb und kd gekennzeichnet sind, liegen. Nach den *Ostwald*schen Bezeichnungen würden diese Grenzsättigungen der Hautfarben als Grad I und V anzugeben sein.

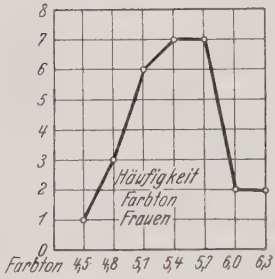

Abb. 4a.

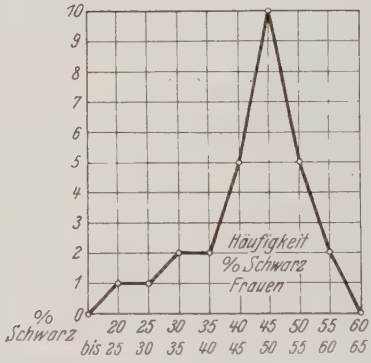

Abb. 4b.

Der Farbton schwankt bei allen Bestimmungen von 4,4—4,6. Das gelbe Extrem mit 4,4 zeigt eine ausgesprochen brünette Patientin (Nr. 27) mit schwarzem Haar und dunklen Augen: das rote Extrem mit 6,4 gehört zu einem jungen Mädchen (Nr. 1) mit zarter, fast cyanotisch aussehender Haut. Am wenigsten Weiß (13,8%) enthält die Haut des 51jährigen Landwirts Nr. 40, am meisten Weiß (48,8%) die eines 6jährigen hellblonden Knaben (Nr. 4).

In Abb. 4 gebe ich die Häufigkeitskurven für den Farbton und den Schwarzgehalt der Stirnfarbe meines weiblichen Untersuchungsmaterials. Ich habe nur das weibliche Material berücksichtigt, weil es homogener und zahlreicher als das männliche war. In den Kurven sind die Farbtonwerte, bzw. der prozentuale Schwarzgehalt als Abscissen, die Anzahl der beobachteten Fälle als Ordinaten aufgetragen. Man sieht aus den Kurven, daß die häufigsten Farbtöne im Bereich von 5,1—5,7 liegen. Der häufigst vorkommende Schwarzgehalt liegt zwischen 45 und 50%. Die *Krüger*schen Farbtöne 5,1—5,7 entsprechen den

*Ostwald-Hintze*schen 4—5 (vgl. Tabelle 1), also denjenigen Farbtönen, die *Hintze* „normal-rosige" nennt. Nach *Hintze* ist die häufigste Normalfarbe 3,5 nc (absoluter Schwarzgehalt = 44%). Unsere häufigst vorkommende Farbe ist deswegen röter und etwas dunkler als die *Hintze*sche, weil wir ja nur die pigment- und capillarreichere Gesichtshaut gemessen haben, während *Hintze* seine Messungen an den verschiedensten Körperregionen vornahm.

Beim Vergleich der Stirnfarbe mit der Farbe des Handrückens fällt auf, daß die Handrückenfarbe fast stets mehr Schwarz enthält als die der Gesichtshaut. Dieser Befund läßt sich vielleicht mit der Tatsache erklären, daß unser Untersuchungsmaterial meist Angehörige der arbeitenden Klasse waren, bei denen die Haut der Hände viel stärker chemischen, mechanischen und physikalischen Reizen ausgesetzt sind als die Gesichtshaut. Außerdem ist ja im allgemeinen die Haut der Streckseiten, also auch die des Handrückens, stärker pigmentiert als die Beugeseiten. Auf eine Berechnung der Mittelwerte für Handrückenfarben wurde verzichtet, weil bei einigen der Versuchspersonen aus irgendwelchen Gründen die Handfarbe nicht bestimmt werden konnte und damit der Vergleich mit den Mittelwerten für die Stirnfarbe ungenau sein würde.

In Tabelle 3 sind einige Messungen zusammengestellt, die an den wenigen in Tübingen zur Verfügung stehenden Vertretern der farbigen Rassen gemacht wurden. Es handelt sich um 3 Chinesen und 1 Neger. Die Haut der Chinesen schwankt im Schwarz zwischen 59,2 und 68,3%, im Farbton zwischen 4,3 und 4,8. Die Haut des Negers (Togoneger) zeichnet sich durch einen hohen Schwarzgehalt von 84% und einen geringen Buntgehalt von 4,7% aus. Auch in der Dreiecksdarstellung erkennt man unschwer, wie sich diese Farben der Schwarzecke nähern. Für weitere Untersuchungen dürfte es sich bei so stark schwarzgetrübten Farben empfehlen, der größeren Genauigkeit halber ein dunkleres Umfeld zu nehmen als es das sonst verwendete Grau f darstellt. Es war bei dieser Negerfarbe ziemlich schwer, eine subjektiv befriedigende Kreiselfarbe zu finden, wohl deshalb, weil einerseits nach *Dittmers* [6] die relative Unterschiedsempfindlichkeit bei abnehmender Lichtstärke des Innenfeldes (hier also der schwarzen Hautfarbe) abnimmt und andererseits die Negerhaut trotz Aceton- oder Ätherabreibung noch stark glänzt (samtartige Struktur der Negerhaut). Bezüglich der Messung so dunkler Farben ist rein praktisch noch zu bemerken, daß zu einer Vollfarbe ziemlich viel Schwarz zugesetzt werden kann, ohne daß die Farbe als trüb empfunden wird, während man den Zusatz von sehr wenig Vollfarbe zu sehr viel Schwarz deutlich merkt.

3. Andere Verwendungsmöglichkeiten.

Wir haben auch einige orientierende Bestimmungen über *Haarfarben* ausgeführt.

Freilich reichen für die dunkleren Haarfarben die oben genannten Farbpapiere nicht aus. Um auch die dunkelsten Farben zu erfassen, sind Farben mit sehr geringem Weißgehalt erforderlich; der Farbkreis ra dürfte dafür ausreichen.

Mit unserem Verfahren würde sich ohne weiteres ein objektiveres Urteil über den Gehalt einer Haarfarbe an Rot gewinnen lassen, was mit den bisher gebräuchlichen Haarfarbentafeln (z. B. der von *Fischer*) nicht möglich ist. (*Siemens* [37].)

Bei den von uns gemessenen helleren Haarfarben fanden wir als extreme Werte 67,4% Schwarz plus 16,9% Weiß bei einem hellblonden Patienten und 92,9% Schwarz plus 6,0% Weiß bei einem dunkelbraunen. Am meisten Bunt enthielt die Haarfarbe eines Rothaarigen (18%), am wenigstens (1,1%) die des oben erwähnten Dunkelbraunen. Die blonden und braunen Haare besaßen den Farbton 3,7, das Rote 4,2.

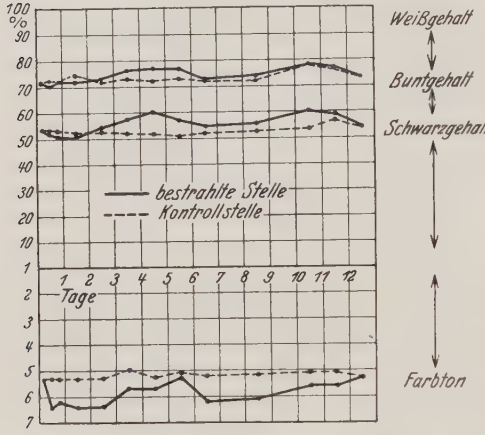

Abb. 5.

Selbstverständlich läßt sich mit unserem Verfahren auch der längst gehegte Wunsch nach einer genaueren Definierung eines *Erythems* erfüllen. Wir haben auch hier einige tastende Versuche unternommen, den Ablauf eines Höhensonnenerythems zu verfolgen. Ein Beispiel aus dieser Versuchsreihe führe ich lediglich in der Absicht an, um zu zeigen, in welch anschaulicher Weise sich ein Erythemablauf mittels der *Ostwald*-Koordinaten darstellen läßt.

Der Bestrahlung voraus ging eine Messung der zu bestrahlenden Hautstelle und der entsprechenden Kontrollstelle der rechten Stirnseite. Die 1. Messung nach der Bestrahlung erfolgte, sobald eine Rötung sichtbar wurde. Subjektive Symptome der Bestrahlung wurden von den Patientinnen fast nie angegeben. Am Tage der Bestrahlung und meist auch am darauffolgenden Tage wurde mehrmals gemessen, während später einmal täglich etwa um die gleiche Tagesstunde Messungen vorgenommen wurden. Um festzustellen, ob sich die Hautfarbe etwa durch andere Einflüsse (Aufenthalt in natürlicher Sonne, Erkältungen, Vaccineinjektionen, Menses usw.) geändert haben könnte, wurde jedesmal wieder die Farbbestimmung der Kontrollstelle auf der rechten Stirnseite vorgenommen. Die Messungen wurden eingestellt, sobald sich kein Unterschied mehr zwischen beiden Seiten erkennen ließ.

Die Bestrahlungsreaktion war bei den einzelnen Patienten außerordentlich verschieden.

Die stärkste Reaktion, die ich in der beifolgenden Kurve (Abb. 5) darstelle, zeigte eine ganz dunkelhaarige Patientin von zigeunerartig brauner Hautfarbe. Bei ihr dauerte es 12 Tage, bis die Pigmentation abgeklungen war. Auch löste sich hier die Haut an der bestrahlten Stelle in unregelmäßigen Fetzen ab.

In der Kurve der Abb. 5 ist die Beobachtungszeit nach der Bestrahlung als Abscisse aufgetragen, als Ordinate sind nach oben zuerst die prozentualen Anteile an absolutem Schwarz und dann an reiner Vollfarbe aufgetragen, nach unten die Farbtonzahlen der betreffenden Farben (1 gleich hellstes Gelb, 4 gleich Rot;

*Krüger*sche Zahlen). Die punktierten Kurven zeigen die gleichzeitig festgestellten Maßzahlen des nicht bestrahlten Stirnhöckers. Die erste Ordinate gibt die Farbe vor der Bestrahlung an.

Der Farbtonablauf (Kurve unter der Abscisse) ergibt, daß die Rötung eigentlich schon bei der 1. Messung $2^1/_4$ Stunden nach der Bestrahlung ihren Gipfelpunkt erreicht hat, den sie mit kleinen Schwankungen bis zum 2. Tag einhält, um am 5. Tag beinahe wieder zum Ausgangsfarbton abzusinken. Inzwischen beginnt vom 3. Tage an der Schwarzgehalt zuzunehmen. Am 4. Tag hat er sein Maximum erreicht (8,1% mehr als die Vergleichsfarbe) und sinkt dann allmählich wieder ab. Nachdem am 5. Tage die Haut sich in großen Fetzen abgestoßen hatte, beginnt an der neuen Haut dasselbe Spiel von Rötung und Bräunung. Die jetzt zu beobachtenden Unterschiede sind jedoch nicht mehr so groß wie die zuerst festgestellten. Der größte Unterschied im Farbton beträgt 1,0 gegenüber 1,4 in dem 1. Ablauf, der größte Schwarzunterschied entsprechend 6,4% gegenüber 8,1%. Am 12. Tage nach der Bestrahlung sind die beiden Stirnhöcker einander wieder gleich, d. h. der bestrahlte ist etwa zur Ausgangsfarbe zurückgekehrt. Der Gehalt an Vollfarbe ändert sich im Verlauf der Messungen nicht stark, am geringsten (17%) ist er am 4. Tag nach der Bestrahlung zur Zeit des Maximums in Schwarz, am höchsten (21,1%) am 1. Tage nach der Bestrahlung. Jedoch liegt diese höchste Schwankung mit 4,1% fast innerhalb der Fehlergrenze. Der Buntgehalt der Farbe der nicht bestrahlten Stirnseite zeigt noch stärkere Schwankungen (maximal 6,2%); ihr Schwarzgehalt schwankt zwischen 50,9—56,9%, der Farbton ist ziemlich gleichmäßig. Seine größte Schwankung beträgt bei 24 Tönen 0,2% (also 0,8%).

Mit den in den vorhergehenden Kapiteln dargestellten Untersuchungen ist die Verwendungsmöglichkeit der Methode naturgemäß nicht erschöpft. Ich möchte nur auf folgende Fragestellungen hinweisen. Neben den ausführlich besprochenen Bestimmungen normaler Hautfarben und der angedeuteten Untersuchung von Haarfarben, Erythem- und Pigmentierungsabläufen kommen vor allen Dingen Messungen pathologischer Hautfarben und ihre therapeutischen Beeinflussungen in Betracht.

a) Aus dem Gebiete der Dermatologie: Naevi pigmentosi und andere Pigmentanomalien, Naevi vasculosi, Haemangiome *, Vitiligo; Feststellungen der Intensität und des Verlaufs von Exanthemen, Erythemen und passiven Hyperämien jeder Ätiologie; quantitative Messungen allergischer Reaktionen (*Jarisch-Herxheimer*, *Pirquet*, Pilzallergien) usw.

b) Aus dem Gebiete der inneren Medizin: Anämien jeder Art, Cyanose, ikterische Verfärbungen der Haut; alle Zustände von Capillarerweiterungen wie bei Polycythaemia vera, rotem Hochdruck, diabetischer Rubeosis; alle mit Pigmentanomalien einhergehende Erkrankungen (Morbus Addison, Haemochromatosis usw.).

Zusammenfassung.

1. Die früheren Methoden der Hautfarbenbestimmung werden beschrieben und kritisch gewürdigt.

* Zur Messung sehr dunkler Hämangiome benötigten wir noch den Farbton 8, während etwas blassere Hämangiome mit den bei Erythemmessungen benützten Farbtönen bestimmt werden konnten. Zur Messung sehr kleiner Efflorescenzen ist es notwendig, das Gesichtsfeld im Lochschirm durch eine Irisblende zu verkleinern.

2. Die neue von *Memmesheimer* eingeführte Methode mit der Apparatur von *Matthaei* wird näher geschildert und der Grad ihrer Genauigkeit festgestellt.

3. Die neue Methode diente dazu, einen Überblick über den Variationsbereich der normalen Hautfarben zu gewinnen. Auf weitere Anwendungsmöglichkeiten, insbesondere die Verfolgung von Erythemabläufen wird hingewiesen.

Literaturverzeichnis.

[1] *Basler, Adolf:* Über eine Hautfarbentafel für Europäer und mit ihr vorgenommene Untersuchungen. Z. Morph. u. Anthrop. **3**, 25 (1926). — [2] *Bohnenberger:* Die Bedeutung der *Ostwald*schen Farbenlehre. Tübingen: Siebeck 1924. — [3] *Broca:* Instructions générales pour les recherches anthropologiques a faire sur le vivant. 2° edition. 1879. — [4] *Cooper, F. G.:* Munsell Manual of Color. Baltimore: Munsell Color Company 1929. — [5] *Davenport, C. B.:* The skin solors of the race of mankind. Natur. History **26**, 44—49 (1926). — [6] *Dittmers:* Über die Abhängigkeit der Unterschiedsschwelle von der antagonistischen Induktion. Z. Sinnesphysiol. **51**, 2 (1920). [7] *Dorno, C.:* Beiträge zur Kenntnis des Sonnen- und Quarzlichterythems und -pigments. Strahlenther. **22**, 70 (1926). — [8] *Finkenrath:* Quantitative Strahlenmessung in der Lichtbehandlung. Strahlenther. **16**, 309 (1924). — [9] *Freund* u. *Valenta:* Eine Rötungsskala. Dtsch. med. Wschr. **1922**, 839. — [10] *Fritsch:* Die Feststellung der menschlichen Hautfarben. Z. Ethnol. **48**, 86 (1916). — [11] *Hagen:* Anthropologische Studien aus Insulinde. Amsterdam 1890. — [12] *Hausser* u. *Vahle:* Die Abhängigkeit des Lichterythems und der Pigmentbildung von der Schwingungszahl (Wellenlänge) der anregenden Strahlung. Strahlenther. **12**, 41 (1922). — [13] *Herskovits, M. J.:* Observation on the growth of colored boys. Amer. J. physic. Anthrop. **7**, 439—446. — [14] *Hintze, Arthur:* Die Normung der Hautfarben und die biologische Dosierung der Röntgenstrahlen nach ihrer Wirkung auf die Haut. Verh. dtsch. Röntgen-Ges. **17** (1926). — [15] *Jesionek:* Biologie der gesunden und kranken Haut. Leipzig 1916. — [16] *Kartschagin:* Über den Einfluß des Pigments auf die optischen Eigenschaften der Haut. Z. physik. Ther. **31**, H. 5 (1926); **33**, H. 5 (1927). — Über den Einfluß des Pigments auf die Menge der von der Haut reflektierten Ultravioletttstrahlen. Physik. Ther. **32**, H. 6 (1927). — [17] *Krais, P.:* Über die industrielle Verwertbarkeit der bis heute vorhandenen Verfahren und Systeme der Messung und Benennung von Farbtönen. Z. angew. Chem. **27 I**, 25 (1914). — [18] *Kreibich:* Lehrbuch der Hautkrankheiten. Wien: Moritz Pertes 1903. — [19] *Lewis:* Standard colors for use in the study of vascular reactions of the human skin. Heart **15**, 1 (1929). — [20] *Matthaei, R.:* Die Welt der Farbe. Sitzgsber. naturhist. Ver. Bonn 1927. — Experimentelle Studien über die Attribute der Farben. I. Helligkeitsmessung. II. Systematik der Farbenhelligkeit und Farbenharmonie. Z. Sinnesphysiol. **59**, 257, 312 (1928). — [21] *Memmesheimer:* Neuere Probleme der Lichtbiologie der Haut. Klin. Wschr. **9**, Nr 8 (1930). — [22] *Memmesheimer* u. *Matthaei:* Beobachtungen über die Pigmentierung der Haut. Strahlenther. **35**, 339 (1930). — [23] *Messerli, Fr. M.:* Le controle de la pigmentation cutanée. Rév. méd. Suisse rom. **46**, No 2 (1926). — [24] *Miescher, G.:* Das Röntgenerythem. Strahlenther. **16**, 332 (1924). — [25] *Ostwald, W.:* Einführung in die Farbenlehre. Leipzig 1919. — Die Farbenfibel. 13. Aufl. Leipzig 1928. — Physikalische Farbenlehre. 1919. — [26] *Pulfrich, C.:* Über ein den Empfindungsstufen des Auges tunlichst angepaßtes Photometer, Stufenphotometer genannt, und über seine Verwendung als Farbmesser, Kolloidometer, Colorimeter und Vergleichsmikroskop. Z. Instrumentenkde **45**, H. 1—3 (1925). — [27] *Radde:* Zit. nach *Krais, Ranke* u. *Schwalbe*. — [28] *Ranke, K. E.:* Über

die Hautfarbe der südamerikanischen Indianer. Berl. anthrop. Ges., Sitzg 19. Febr. 1898. — Z. Ethnol. **30**, 61 (1898). — [29] *Ridgway, R.:* Color standards and color nomenclature. Washington 1912. — [30] *Riehl, G.:* Die Bedeutung der Farben in der Dermatologie. Wien. med. Wschr. **41**, 21 (1928). — [31] *Rösch, S.:* Über die Methoden der Farbenmessung. Sprechsaal **1926**, 609. — [32] *Rowntree* u. *Brown:* A tintometer for the analysis of the color of the skin. Amer. J. med. Sci. **1925**, Nr 3, 341. — [33] *Sarasin, P.* u. *Fr.:* Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschungen auf Ceylon. Bd. 3. Wiesbaden 1892/93. — [34] *Schall* u. *Alius:* Zur Biologie des Ultraviolettlichts. I. Mitteilung: Zur Frage der Dosimetrie des Ultraviolettlichts. Strahlenther. **19**, 559 (1925). — II. Mitteilung: Zur Frage der Messung der Hautreaktion. (Ein neuer Erythem- und Pigmentmesser.) Strahlenther. **19**, 796 (1925). — [35] *Schultze:* Über die Reflexion und Adsorption der Haut im sichtbaren Spektrum. Strahlenther. **22**, 38 (1926). — [36] *Schwalbe, G.:* Die Hautfarbe des Menschen. Mitt. anthrop. Ges. Wien **34**, 331 (1904). — [37] *Siemens, H. W.:* Zur Kenntnis der Epheliden mit Bemerkungen über Haarbleichung und Haarfarbenbestimmung. Arch. f. Dermat. **147**, 210 (1924). — [38] *Solger, F. K.:* Entwurf einer Farbenskala zur Bestimmung physiologischer und pathologischer Pigmentierungen. Münch. med. Wschr. **1911**, 354. — [39] *Todd, T., B. Blackwood* and *H. Beecher:* The color top method of recording skin pigmentation. Amer. J. physic. Anthrop. **11**, 187 (1928).

Lebenslauf.

Ich bin geboren am 28. März 1907 zu Horb am Neckar als Tochter des Bildhauers und Kunstmalers *Wilhelm Klink*. Nach 4jährigem Besuche der Horber Volksschule absolvierte ich die Horber 5klassige Lateinschule. Von dort kam ich an das humanistische Gymnasium zu Rottweil. An dieser Anstalt bestand ich 1926 die Reifeprüfung. Ich studierte nun Medizin, die 4 ersten vorklinischen Semester an der Universität Tübingen. Nachdem ich im Frühjahr 1928 dort die ärztliche Vorprüfung bestanden hatte, studierte ich je 1 Semester in Rostock, Innsbruck und Wien. Im Wintersemester 1929/30 kehrte ich wieder nach Tübingen zurück und legte im Sommer 1931 ebendort die ärztliche Staatsprüfung ab. Am 7. April 1931 verheiratete ich mich mit dem jetzigen Gerichtsassistenzarzt Dr. med. *Fritz Krause*.

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, den Herren Professoren *Memmesheimer* und *Matthaei* herzlichst zu danken für die Überlassung des Themas und ihre liebenswürdige Unterstützung bei den Untersuchungen am Apparat und bei der Abfassung der Arbeit.